

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA VISCOSIDADE CINEMÁTICA E DINÂMICA ATRAVÉS DO VISCOSÍMETRO DE STOKES

Rodrigo Ernesto Andrade Silva; Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo; Allan Giuseppe de Araújo Caldas; Allysson Macário de Araújo Caldas; Felipe Nóbrega de Assis Adelino

Instituto Federal da Paraíba – IFPB – Campus João Pessoa

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do desenvolvimento científico uma das bases do conhecimento humano é a análise das substâncias que compõem a natureza e a quantificação de suas propriedades, uma destas propriedades é a viscosidade que pode ser encarada como o atrito interno dos líquidos, isto é, o atrito que as várias camadas de um líquido encontram ao escoarem uma sobre as outras. Uma das formas de determinar experimentalmente a viscosidade é utilizando um viscosímetro, este faz uso da resistência ao movimento fornecida pelo fluido a corpos com características conhecidas a fim de determinar a viscosidade deste fluido.

Os fluidos, que estão presentes em uma grande parte das ferramentas e equipamentos modernos, utilizados a título de exemplo em sistemas pneumáticos e hidráulicos são de extrema importância na vida de um estudante de engenharia, portanto é extremamente importante que ele seja capaz de determinar as propriedades dos fluidos de forma fácil e rápida. A seguinte pesquisa tem como objetivo fornecer uma orientação a estudantes de nível técnico e médio a respeito das limitações e capacidades na determinação das viscosidades cinemática e dinâmica por meio do método de Stokes.

Além disso, a informação contida neste trabalho também possui o potencial de permitir comparações entre diversos fluidos, de modo a facilitar a escolha de óleos e lubrificantes em situações que é necessário optar por um fluido de alta viscosidade ou por um de baixa viscosidade. Situações em que é necessário fazer este tipo de escolha é comum na rotina de técnicos responsáveis por atividades relacionadas à manutenção, portanto é evidente a importância deste material para introduzir a estudantes e educadores uma forma relativamente simples de determinar e qualificar algo que faz parte da rotina dos técnicos e dos engenheiros.

METODOLOGIA

Qualquer corpo ao ser submetido a uma queda livre em um meio viscoso irá atingir uma velocidade máxima que passará a ser constante, o fato de determinado corpo atingir este estado de equilíbrio dinâmico é decorrente da anulação mútua entre a força peso, o empuxo e o arrasto fornecido pelo fluido estudado, tais forças estão representadas na figura (1) e podem ser interpretadas matematicamente como na equação (1).

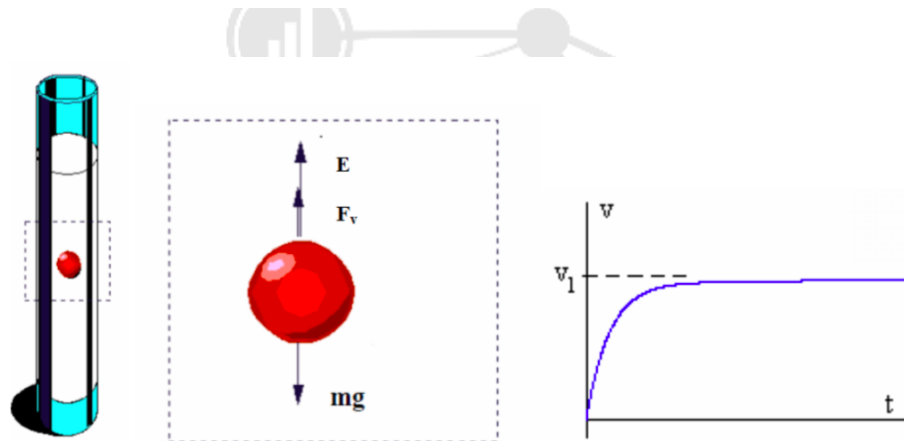


Figura 1. Representação das forças existentes em uma situação de queda em equilíbrio dinâmico.

De acordo com a representação vetorial da figura 1, pode – se chegar nas equações abaixo:

$$P = F_D + E \quad (1)$$

$$P = V_{esfera} d_{esfera} g \quad (2)$$

$$E = \left(\frac{\pi D^3}{6} \right) d_{líquido} g \quad (3)$$

De acordo com o princípio de Arquimedes, uma força de empuxo atua sobre qualquer corpo imerso em um líquido é igual ao peso do volume de um líquido deslocado pelo corpo. O empuxo exercido sobre uma esfera completamente imersa em um líquido é calculado pela equação 3.

Isaac Newton enquanto investigava o movimento de uma bala de canhão no ar foi capaz de gerar para a força resistente uma equação 4.

$$F_D = C_D \left(\frac{\pi}{8} \right) d_{\text{líquido}} D^2 v^2 \quad (4)$$

O coeficiente de arrasto C_D é uma constante definida de acordo com o formato do corpo e com o número de Reynolds. O número de Reynolds é um parâmetro adimensional definido pela equação 5. O coeficiente de arrasto C_D é dependente do número de Reynolds e para a esfera esta função é mostrada na figura 2.

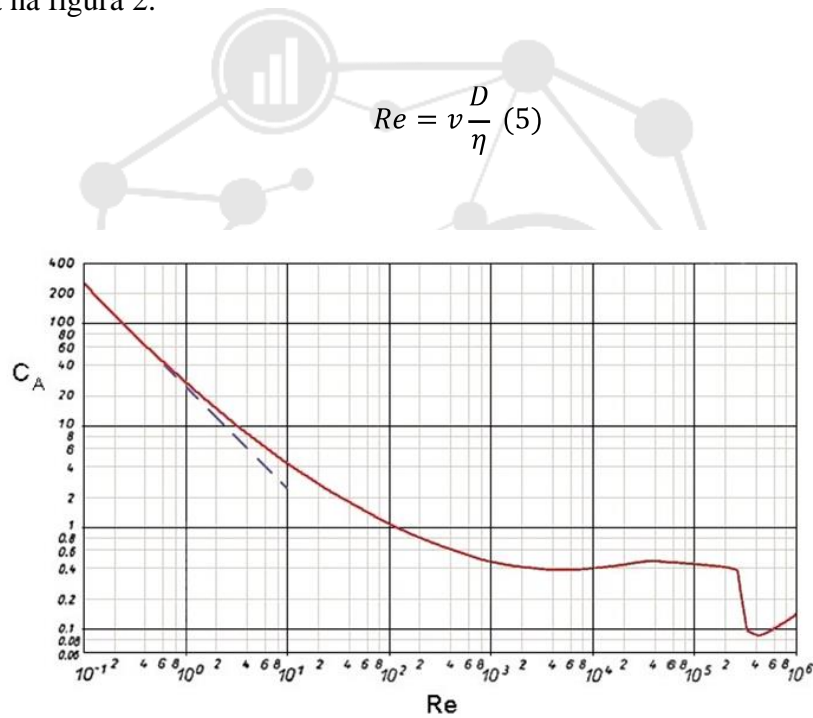


Figura 2. Gráfico coeficiente de arrasto versus número de Reynolds para corpos esféricos.

Pode-se observar uma região de linearidade entre o coeficiente de arrasto e o número de Reynolds, quando $Re < 1$. Essa função linear é expressa pela equação 6.

$$C_D = \frac{24}{Re} = 24 \frac{\eta}{Dv} \quad (6)$$

Substituindo a equação 6 em 4 podemos calcular a força F_D exercida pelo fluido sobre a esfera em queda através da equação 7, conhecida como lei de Stokes.

$$F_D = 3\pi d_{\text{líquido}} v D v \quad (7)$$

A viscosidade absoluta (viscosidade dinâmica, η) representa a força por unidade de superfície que se estabelece entre duas camadas paralelas de um fluido em movimento laminar, quando uma camada se move em relação à outra com velocidade unitária. A unidade usual da viscosidade absoluta ou dinâmica é o poise. A viscosidade cinemática (ν) representa viscosidade absoluta η de um líquido relacionado à densidade d do líquido. É descrita pela equação 8.

$$\nu = \eta/d \quad (8)$$

RESULTADOS E DISCURSSÃO

No experimento foram utilizadas três esferas com as propriedades expressas na tabela 1.

Tabela1. Propriedades das esferas.

Esfera	Massa (g)	Diâmetro (cm)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
1	1,06	0,635	0,13407	7,90655
2	0,37	0,449	0,0474	7,80657
3	0,1	0,3	0,01414	7,07364

O fluido utilizado no viscosímetro de Stokes foi a glicerina a temperatura (próxima dos 20 °C) cuja densidade é de 1,2613 g/cm³. De posse destes dados podemos determinar o empuxo (equação 3) a força peso e conseqüentemente o valor da força de arrasto (equação 1), cujo valor para cada esfera pode ser encontrado na tabela 2.

Tabela2. Valores das forças peso, empuxo e de arrasto.

Esfera	Peso (g.cm/s ²)	Empuxo (g.cm/s ²)	Força de arrasto (g.cm/s ²)
1	1038,8	165,715	873,085
2	362,6	58,585	304,015
3	98	17,4744	80,5256

Determinou se experimentalmente o valor da velocidade terminal de cada esfera quando em queda livre no viscosímetro de Stokes e chegou – se nos seguintes resultados expressos na tabela 3.

Tabela 3. Valores referentes ao movimento das esferas no fluido.

Esfera	Altura (cm)	Tempo (s)	Velocidade Média (cm/s)
1	10	0,98	10, 2041
2	10	1,93	5, 18135
3	10	3,63	2, 75482

Aplicando os valores das forças de arrasto (Tabela 2) bem como os valores das velocidades (Tabela 3) para cada esfera é possível determinar valores da viscosidade cinemática através da equação 7, fato visto na tabela 4.

Tabela 4. Valores obtidos experimentalmente para a viscosidade cinemática.

Esfera	Viscosidade cinemática (Stokes)
1	11, 334937
2	10, 993007
3	8, 196528

Pode - se observar que entre os valores obtidos para a viscosidade cinemática, o resultado que mais se aproximou dos 11, 892492 Stokes de viscosidade cinemática que a glicerina possui foi obtido com a esfera 1, com um erro de 4,69%. Apesar do excelente resultado obtido com a esfera 1, as esferas 2 e 3 apresentaram um desvio que pode ser explicado pelo escoamento mais turbulento existente no movimento destas esferas no fluido, o escoamento é caracterizado pelo número de Reynolds que está associado ao coeficiente de arrasto (figura 2 e equação 6) e conseqüentemente à validade das equações utilizadas no processo já descrito. Com o valor obtido da viscosidade cinemática (11, 334937 Stokes), a densidade do fluido (1, 2613 g/cm³) e utilizando a equação 8 obtemos o valor de 14,296756 Poise para a viscosidade dinâmica da glicerina.

CONCLUSÕES

Portanto, fica claro que o processo experimental descrito neste trabalho é uma forma viável de analisar a viscosidade cinemática e dinâmica dos fluidos, além disso, de realizar comparações entre dois ou mais fluidos diferentes a fim de determinar qual possui a maior viscosidade. Esta aplicação demonstra ser fundamental, pois a viscosidade é uma das principais propriedades a se considerar no uso de lubrificantes, estes estão presentes em toda a indústria, principalmente na manutenção de máquinas e equipamentos mecânicos.

Por ser uma análise relativamente simples é totalmente passível de utilização no ensino de no nível técnico e médio, tendo em vista a capacidade de aplicar o conhecimento teórico obtido em sala a fim de obter resultados importantes para o desenvolvimento de outras diversas atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

M. Alonso e E.J. Finn, Física - Um Curso Universitário, Vol. 1, Mecânica, Editora Edgar Blücher Ltda., 1972, cap. 7.10.

Thermophysical Properties of Matter, Vol. 11, Viscosity, p. 149 e cap. 4.2.

Handbook of Chemistry and Physics. densidades (pp. 15-43 até 15-50), viscosidades (p. 6-158).

Leitura complementar: C.W. Peterson, The Physics of Parachute Inflation, Physics Today, agosto de 1993, pp. 32-39.

<http://www.ifi.unicamp.br/leb/f229-09s1/Exp6-Viscosidade-Lei%20de%20Stokes.pdf>

<http://www.fisica.ufs.br/egsantana/dinamica/stokes/stokes.html>